

明 細 書

有機薄膜トランジスタとその製造方法、及びそれを用いたアクティブマトリクス型のディスプレイと無線識別タグ

技術分野

- 5 本発明は、有機半導体からなる半導体層を含む有機薄膜トランジスタとその製造方法、及びそれを用いたアクティブマトリクス型のディスプレイと無線識別タグに関する。

背景技術

- 10 現在、薄膜トランジスタ（以下、「T F T」という）はアクティブマトリクス型の液晶ディスプレイ等の駆動素子として使用されている。T F Tの構成は、一般的には半導体層に接触して設けられたソース電極とドレーン電極との間に流れる電流を、半導体層に対して絶縁層を介して設けられたゲート電極から印加される電界により制御できるように構成
- 15 されている。

- 現在実用化されているT F Tの半導体層の構成材料としては、結晶シリコンに特性面では劣るものの、安価であるアモルファスシリコンや低温ポリシリコン等が使用されている。また、現在実用化されているT F Tの絶縁層の構成材料としては、酸化シリコンや窒化シリコン等が使用
- 20 されている。これらの構成材料を用いたT F Tの製造プロセスは、プラズマ化学蒸着法（プラズマC V D法）等を使用される大規模な装置や、精密加工のための薄膜制御装置を必要とするため、高コストプロセスであり、また、一般に3 5 0℃を越える処理温度のプロセスを含むため、使用できる材料には制限がある。

他方、近年 T F T 用の半導体材料として有機半導体が注目されており、この有機半導体を用いた様々な構成の T F T（以下、「有機 T F T」という）が提案されている。有機半導体は、前述の無機系の半導体に比べて、スピコーティング法、インクジェット印刷法、浸漬コーティング法等の低コストプロセスで成膜できる可能性があり、低温プロセスでの成膜も期待できる。また、前述した低コストプロセスや低温プロセスが適用可能であることにより、フレキシブルな基板上や大面積の基板上への T F T の形成が可能となり、これによって、シートライク又はペー
5 グ法等の低コストプロセスで成膜できる可能性があり、低温プロセスでの成膜も期待できる。また、前述した低コストプロセスや低温プロセスが適用可能であることにより、フレキシブルな基板上や大面積の基板上への T F T の形成が可能となり、これによって、シートライク又はペー
10 パーライクなディスプレイや、大画面ディスプレイ等への用途拡大が期待されている。また、有機 T F T は、薄型化及び軽量化が可能であることから、Radio Frequency Identification (R F I D) タグ等の無線識別タグへの応用も期待されている。

更に、前記有機半導体として、動作電圧が低く、かつキャリア移動度の向上が可能なペンタセンを使用した有機 T F T が報告されている（例
15 えば、特開 2 0 0 0 - 2 6 9 5 1 5 号公報（以下、特許文献 1 という）や「C. D. Dimitrakopoulos、他 1 名、“Organic thin film transistors: A review of recent advances”、IBM J. RES. & DEV.、VOL. 45、NO. 1、JAN 2001、p19、F
20 ig. 7」（以下、非特許文献 1 という）参照）。

図 7 は、従来の有機 T F T の構成を示す断面図である。図 7 に示すように、有機 T F T 1 0 0 は、基板 1 0 1 と、基板 1 0 1 上に設けられたゲート電極 1 0 2 と、基板 1 0 1 及びゲート電極 1 0 2 上に順次積層されたゲート絶縁層 1 0 3 及び半導体層 1 0 4 と、半導体層 1 0 4 上に分離して設けられたソース電極 1 0 5 及びドレイン電極 1 0 6 とを備えている。そして、ゲート電極 1 0 2 は、半導体層 1 0 4 の電界効果チャネ
25 ルを形成する。

ル 1 0 4 a に面して配置されている。

有機 T F T 1 0 0 の製造方法は、まず、基板 1 0 1 上にゲート電極 1 0 2 として、例えば蒸着法等により金属電極を設ける。次に、ゲート電極 1 0 2 上にゲート絶縁層 1 0 3 として、例えばスパッタリング法等により無機酸化物層を設ける。続いて、ゲート絶縁層 1 0 3 上に半導体層 1 0 4 として、例えば蒸着法等により有機半導体層を設ける。そして、半導体層 1 0 4 上にソース電極 1 0 5 及びドレーン電極 1 0 6 として、例えば蒸着法等により金属電極を設けて、有機 T F T 1 0 0 が得られる。

10 非特許文献 1 では、基板 1 0 1 の温度を室温（27℃）に保持し、ゲート絶縁層 1 0 3 上に、6 nm/分の蒸着速度でペンタセンを蒸着して半導体層 1 0 4 を形成した有機 T F T 1 0 0 が提案されている。前記有機 T F T 1 0 0 では、電界効果チャネル 1 0 4 a のキャリア移動度が 0.6 cm²/V s となり、高い値が得られた。

15 しかし、前記有機 T F T 1 0 0 の半導体層 1 0 4 を構成するペンタセン結晶は、その結晶構造が熱的に不安定であるため、高温下で長時間放置すると結晶構造が変化し、キャリア移動度が経時劣化するおそれがある。

図 8 は、前記有機 T F T 1 0 0 の半導体層 1 0 4 を構成するペンタセン結晶の結晶構造が熱により変化する現象を説明するための概念図で、図 8 A は加熱前、図 8 B は 60℃で 100 時間加熱した後の状態を示す。加熱前のペンタセン P の結晶構造（図 8 A 参照）は、単一の結晶相 1 1 0 を有していたが、加熱後において一部がより安定な結晶相 1 1 1 （図 8 B 参照）へと変化することが、本発明者らによって X 線回折法を用いて確認された。その結果、結晶相 1 1 0 と結晶相 1 1 1 との間 1 1 3 に生ずる多くの粒界により、キャリア移動度が、0.6 cm²/V s か

ら、 $0.001 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以下まで劣化した。

また、特許文献 1 では、上記非特許文献 1 と知見を同じくする有機 T F T 及びその製造方法が提案されているが、特許文献 1 の有機 T F T についても、半導体層を構成する有機半導体の結晶構造が熱的に不安定であるため、非特許文献 1 と同様にキャリア移動度が経時劣化するおそれがある。

発明の開示

このような状況に鑑み、本発明は、キャリア移動度の経時劣化を抑制
10 することができる有機 T F T とその製造方法、及びそれを用いたアクティブマトリクス型のディスプレイと無線識別タグを提供する。

本発明の有機 T F T は、基板と、前記基板上に設けられた有機半導体からなる半導体層とを有し、前記半導体層は、前記有機半導体の結晶から構成され、前記結晶の結晶相は、前記有機半導体のエネルギー的に最
15 安定なバルク結晶の結晶相と同一であることを特徴とする。

ここで、「有機半導体のエネルギー的に最安定なバルク結晶」とは、有機半導体を気化させ、所定の析出温度で徐冷させながら析出させたバルク結晶であって、 27°C と 180°C との間において、結晶相が実質的に変化しないものをいう。具体的には、結晶の 27°C における X 線回折
20 パターンの回折線のピーク強度を基準とした際、 27°C と 180°C との間において、同じピーク位置の回折線強度が $90 \sim 110\%$ の範囲内に維持される場合に、前記結晶をエネルギー的に最安定なバルク結晶という。ただし、結晶が、 27°C から 180°C までの間で液体または気体に変化する場合は、 27°C から、液体または気体に変化する温度よりも 2
25 0°C 低い温度までの範囲で、同じピーク位置の回折線強度が $90 \sim 110\%$ の範囲内に維持される場合に、前記結晶をエネルギー的に最安定な

バルク結晶という。

また、「有機半導体のエネルギー的に最安定なバルク結晶と同一」とは、エネルギー的に最安定なバルク結晶の結晶相と同じ結晶相が、前記有機半導体からなる結晶の90%以上を占めていることをいう。

- 5 本発明の有機TFTの製造方法は、基板上に有機半導体を蒸着して半導体層を形成する有機TFTの製造方法であって、前記有機半導体を蒸着する際、前記基板の温度を40～150℃の範囲に保持し、0.1～1nm/分の蒸着速度で蒸着することを特徴とする。

- 10 本発明のアクティブマトリクス型のディスプレイは、画素のスイッチング素子として、本発明の有機TFTが複数個配置されている。

本発明の無線識別タグは、集積回路部を備えた無線識別タグであって、前記集積回路部には、本発明の有機TFTが設けられていることを特徴とする。

15 図面の簡単な説明

図1は、本発明の第1実施形態に係る有機TFTの構成を示す断面図である。

図2は、本発明の第1実施形態に係る有機TFTの製造方法を示すフローチャートである。

- 20 図3は、本発明の第2実施形態に係る有機TFTの構成を示す断面図である。

図4は、本発明の第3実施形態に係るアクティブマトリクス型のディスプレイの一部破断斜視図である。

図5は、本発明の第4実施形態に係る無線識別タグの斜視図である。

- 25 図6は、ペンタセン結晶のX線回折パターンを示す図であり、図6Aは、ペンタセンのエネルギー的に最安定なバルク結晶のX線回折パター

ンを示し、図 6 B は、本発明の実施例 1 の半導体層を構成するペンタセン結晶の X 線回折パターンを示し、図 6 C は、比較例 1 の半導体層を構成するペンタセン結晶の X 線回折パターンを示し、図 6 D は、比較例 2 の半導体層を構成するペンタセン結晶の X 線回折パターンを示す。

5 図 7 は、従来の有機 T F T の構成を示す断面図である。

図 8 は、従来の有機 T F T の半導体層を構成する有機半導体の結晶構造が熱により変化する現象を説明するための概念図であり、図 8 A は加熱前、図 8 B は 6 0 ° C で 1 0 0 時間加熱した後の状態を示す。

10 発明を実施するための最良の形態

本発明の有機 T F T は、基板と、前記基板上に設けられた有機半導体からなる半導体層とを有する。前記基板は、特に限定されないが、薄膜化及び軽量化が可能なプラスチック板や、機械的柔軟性及び耐衝撃性を向上させることができるプラスチックフィルムが好適である。前記プラスチック板や前記プラスチックフィルムの材料としては、ポリイミド、
15 ポリエチレンナフタレート等の芳香族ポリエステル、ポリアセタール、ポリ尿素、ポリフェニルスルホン、ポリカーボネート等が好ましい。また、前記基板の好ましい厚みは、0. 0 2 ~ 2 mm である。

前記有機半導体としては、 π 共役系オリゴマー等の低分子系有機半導体材料や、 π 共役系ポリマー等の高分子系有機半導体材料等が好適に使用できる。特に、アセン系材料、フタロシアニン系材料及びチオフェン系材料のうち少なくとも 1 つの材料を含む有機半導体が好ましい。前記アセン系材料としては、ペンタセンが好ましい。また、前記フタロシアニン系材料としては、中心に金属を配位させたフタロシアニン錯体が好ましく、中心金属としては、電気特性と保存安定性の観点から、銅、鉄、
25 ニッケル、コバルト、亜鉛等の単一の金属や、チタニル、バナジル等

の金属複合体等が好ましい。また、前記チオフェン系材料としては、オリゴチオフェンやポリチオフェンが利用でき、結晶性や保存性の観点から、側鎖や末端にアルキル基等の官能基が導入されたものも好適に利用できる。さらに、チオフェン系モノマーと他のモノマーとの共重合体も
5 利用できる。具体的には、ポリ（フルオレン-*c o*-ピチオフェン）、ポリ（3-アルキルチオフェン）、ポリ（エチレンジオキシチオフェン）等が挙げられる。なお、前記有機半導体からなる前記半導体層の厚みは、0.03～1 μ mが好ましい。特に、トップゲート構造の有機TF
Tの場合は、前記半導体層の厚みが0.03～0.3 μ mであることが
10 好ましい。

そして、本発明の有機TF Tは、前記半導体層が、前記有機半導体の結晶から構成され、前記結晶の結晶相が、前記有機半導体のエネルギー的に最安定なバルク結晶の結晶相と同一であることを特徴とする。これにより、前記半導体層を構成する前記結晶の結晶相の変化を防止し、キ
15 ャリア移動度の経時劣化を抑制することができる。その結果、有機TF Tの長寿命化が可能となる。なお、結晶相の確認方法としては、例えば、X線回折法や吸光分析法等の分析手段により行うことができる。

また、本発明の有機TF Tは、前記半導体層を構成する前記結晶のX線回折パターンにおける最大ピーク強度値を示す回折線のピーク位置が
20 、前記有機半導体のエネルギー的に最安定なバルク結晶のX線回折パターンにおけるいずれか1つの回折線のピーク位置と一致することが好ましい。これにより、前記半導体層を構成する前記結晶と前記バルク結晶との結晶相の同一性が明確なものとなり、キャリア移動度の経時劣化を確実に抑制できる。更に、前記半導体層を構成する前記結晶のX線回折
25 パターンにおいて、前記最大ピーク強度値を示す結晶相に由来する回折線の合計強度値は、全回折線の合計強度値の90～100%であること

がより好ましい。これにより、前記半導体層を構成する前記結晶と前記バルク結晶との結晶相の同一性がより明確なものとなり、キャリア移動度の経時劣化をより確実に抑制できる。

また、本発明の有機 T F T は、前記有機半導体としてペンタセンを使用し、前記半導体層を構成する前記結晶の X 線回折パターンにおいて、前記結晶の結晶面の面間隔を d とした場合に、 $d = 1.43 \text{ nm}$ の位置に最大ピーク強度値を示す回折線のピークを有する構成としてもよい。これにより、キャリア移動度の経時劣化を抑制する効果を向上させることができる。また、本発明の有機 T F T は、前記有機半導体として銅フタロシアニンを使用し、前記半導体層を構成する前記結晶の X 線回折パターンにおいて、 $d = 1.25 \text{ nm}$ の位置に最大ピーク強度値を示す回折線のピークを有する構成としてもよい。これによっても、キャリア移動度の経時劣化を抑制する効果を向上させることができる。また、本発明の有機 T F T は、前記有機半導体としてセキシチオフェンを使用し、前記半導体層を構成する前記結晶の X 線回折パターンにおいて、 $d = 2.24 \text{ nm}$ の位置に最大ピーク強度値を示す回折線のピークを有する構成としてもよい。これによっても、キャリア移動度の経時劣化を抑制する効果を向上させることができる。

また、本発明の有機 T F T は、前記半導体層に対して電荷の授受を行う電極を更に備え、前記電極が、金属及び導電性高分子のうち少なくともいずれか一方で形成されていることが好ましい。電極材料として金属及び導電性高分子のうち少なくともいずれか一方を用いると、前記半導体層と前記電極との間の電荷の授受がより円滑に行われる。なお、前記電極は、例えば、前記半導体層に接触し、かつ互いに分離して形成されたソース電極及びドレーン電極である。また、前記電極に使用できる好適な金属材料は、例えば金、銅、ニッケル、アルミニウム、チタン、モ

リブデン等が例示できる。また、前記電極に使用できる好適な導電性高分子材料は、例えばポリピロール、ポリチオフェン、ポリアニリン、ポリフェニレンビニレン等が例示できる。また、前記電極の厚みは、 $0.03 \sim 0.3 \mu\text{m}$ が好ましい。

- 5 本発明の有機TFTの製造方法は、基板上に有機半導体を蒸着して半導体層を形成する有機TFTの製造方法であって、前記有機半導体を蒸着する際、前記基板の温度を $40 \sim 150^\circ\text{C}$ 、好ましくは $50 \sim 90^\circ\text{C}$ の範囲に保持し、 $0.1 \sim 1 \text{ nm/分}$ 、好ましくは $0.1 \sim 0.5 \text{ nm/分}$ の蒸着速度で蒸着することを特徴とする。この製造方法によれば、
- 10 半導体層を構成する有機半導体の結晶が、前記有機半導体のエネルギー的に最安定なバルク結晶と同一の結晶相を有する有機TFTを容易に形成することができる。なお、前記基板及び前記有機半導体の材料は、前述した本発明の有機TFTの構成材料と同一のものが使用できる。

- また、本発明の有機TFTの製造方法は、前記有機半導体を蒸着して
- 15 前記半導体層を形成した後、前記半導体層を徐冷してもよい。これにより、前記半導体層を構成する有機半導体の結晶を安定化させ、前記結晶の結晶相の変化を効果的に抑制することができる。また、前記製造方法において、前記半導体層を徐冷する際、前記半導体層の周囲の雰囲気温度を 1°C/分 以下の速度で降温させることが好ましく、 0.2°C/分 以下の速度で降温させることがより好ましい。これにより、前記結晶をより容易に安定化させることができる。
- 20

- また、本発明の有機TFTの製造方法は、前記有機半導体を蒸着して前記半導体層を形成した後、前記基板の温度を $50 \sim 150^\circ\text{C}$ の範囲に保持し、前記半導体層を熱処理してもよい。これによっても、前記半導体層を構成する有機半導体の結晶を安定化させることができる。
- 25

また、本発明の有機TFTの製造方法は、前記有機半導体を蒸着して

前記半導体層を形成した後、前記基板の温度を45℃以下に保持し、前記半導体層上に電極材料を蒸着して電極を形成してもよい。これにより、電極材料の被着時における有機半導体の損傷を抑制し、より特性の安定した有機TFTを形成できる。なお、前記電極材料としては、前述した本発明の有機TFTの構成材料と同一のものが使用できる。

本発明のアクティブマトリクス型のディスプレイは、画素のスイッチング素子として、本発明の有機TFTが複数個配置されている。また、本発明の無線識別タグは、集積回路部を備えた無線識別タグであって、前記集積回路部には、本発明の有機TFTが設けられていることを特徴とする。本発明のアクティブマトリクス型のディスプレイ及び無線識別タグは、いずれも前述した本発明の有機TFTを備えている。これにより、有機TFTの長寿命化が可能となり、その結果、製品自体の長寿命化が可能となる。なお、本発明のアクティブマトリクス型のディスプレイとしては、液晶表示方式、電気泳動表示方式、有機EL方式、エレクトロクロミック表示（ECD）方式、電解析出方式、電子粉流体方式、干渉型変調（MEMS）方式等が例示できる。また、本発明の無線識別タグとしては、Radio Frequency Identification（RFID）タグ等が例示できる。

以下、図面を参照しながら本発明の実施形態について説明する。

20 （第1実施形態）

まず、本発明の第1実施形態に係る有機TFTについて説明する。参照する図1は、第1実施形態に係る有機TFTの構成を示す断面図である。

図1に示すように、有機TFT1は、基板11と、基板11上に設けられたゲート電極12と、基板11及びゲート電極12上に順次積層されたゲート絶縁層13及び有機半導体からなる半導体層14と、半導体

層 1 4 上に分離して設けられたソース電極 1 5 及びドレーン電極 1 6 とを備えている。また、ゲート電極 1 2 は、半導体層 1 4 の電界効果チャネル 1 4 a に面して配置されている。そして、半導体層 1 4 は、前記有機半導体の結晶から構成され、前記結晶の結晶相は、前記有機半導体の
5 エネルギー的に最安定なバルク結晶の結晶相と同一である。これにより、半導体層 1 4 を構成する前記結晶の結晶相の変化を防止し、電界効果チャネル 1 4 a におけるキャリア移動度の経時劣化を抑制することができる。

ゲート電極 1 2、ソース電極 1 5 及びドレーン電極 1 6 に使用できる
10 物質は、導電性材料であって、基板材料や有機半導体材料と反応しないものならば特に限定されない。例えば、金、白金、パラジウム等の貴金属、リチウム、セシウム、カルシウム、マグネシウム等のアルカリ金属やアルカリ土類金属、銅、ニッケル、アルミニウム、チタン、モリブデン等の金属、それらの合金等が使用できる。また、ポリピロール、ポリ
15 チオフェン、ポリアニリン、ポリフェニレンビニレン等の導電性高分子や、特定の不純物がドーピングされたシリコンも使用できる。特に、ゲート電極 1 2 は、他の電極より電気抵抗が大きい材料でも動作可能であるため、例えば製造を容易にする目的で、ソース電極 1 5 及びドレーン電極 1 6 とは異なる材料を使用することも可能である。

20 ゲート絶縁層 1 3 の材料としては、バリウムジルコネートチタネート (B Z T) 等の無機酸化物等が使用できる。B Z T は、誘電率が大きい
ため、キャリア移動度の向上が可能となる。無機酸化物を用いたゲート絶縁層 1 3 の形成手段としては、低温でのスパッタリング法、スピニング法、蒸着法、レーザ・アブレーション法等の手段を用いることができる。
25 これらの方法は、250℃以下の低温プロセスでゲート絶縁層 1 3 を形成できるため、プラスチック板やプラスチックフィルム等を基板と

して使用する場合には、特に好ましい。

また、ゲート絶縁層 13 の材料として、高分子材料等の有機絶縁材料を使用することもできる。この場合は、ゲート絶縁層 13 の形成手段として、スピコート法、インクジェット印刷法、電着法等の低温プロセスが好適である。

なお、ゲート絶縁層 13 の材料は、上記材料以外でも、基板材料、電極材料及び有機半導体材料と反応しない電気絶縁材料であれば使用可能である。また、有機 T F T 1 のゲート電圧を下げるために、誘電率の高い物質をゲート絶縁層 13 の材料として用いることも可能である。例えば、米国特許 5 9 8 1 9 7 0 号に例示されているような、強誘電性化合物を用いてもよい。更に、無機物に限らず、ポリフッ化ビニリデン系やポリシアン化ビニリデン系等の誘電率の大きな有機物を用いてもよい。

次に、本発明の第 1 実施形態に係る有機 T F T 1 の製造方法の一例について図 1 及び図 2 を参照して説明する。図 2 は、第 1 実施形態に係る有機 T F T 1 の製造方法を示すフローチャートである。

図 2 に示すように、まず、基板 11 (図 1 参照) 上に、例えば金等の金属をマスク蒸着してゲート電極 12 (図 1 参照) を形成する (ステップ S 1)。次に、基板 11 及びゲート電極 12 上に、例えば B Z T 等の無機酸化物をスパッタリング法等により積層させてゲート絶縁層 13 (図 1 参照) を形成する (ステップ S 2)。そして、基板 11 の温度を 400 ~ 1500 °C の範囲に保持し、ゲート絶縁層 13 上にペンタセン等の有機半導体を 0.1 ~ 1 nm/分の蒸着速度で蒸着して半導体層 14 (図 1 参照) を形成する (ステップ S 3)。次に、半導体層 14 の周囲の雰囲気温度を 1 °C/分以下の速度で降温させて半導体層 14 を徐冷する (ステップ S 4)。これにより、半導体層 14 を構成する有機半導体の結晶が安定化する。続いて、基板 11 の温度を 50 ~ 1500 °C の範囲に保

持し、半導体層 1 4 を熱処理する（ステップ S 5）。これにより、前記結晶が更に安定化する。最後に、半導体層 1 4 上に、例えば金等の金属をマスク蒸着して、ソース電極 1 5 及びドレーン電極 1 6（図 1 参照）を形成し（ステップ S 6）、有機 T F T 1 を得る。なお、ソース電極 1 5 及びドレーン電極 1 6 の電極材料を蒸着する際、基板 1 1 の温度を 4 5℃以下に保持した状態で行うと、電極材料の被着時における有機半導体の損傷を抑制し、より特性の安定した有機 T F T 1 を形成できる。

以上、本発明の第 1 実施形態に係る有機 T F T 1 の製造方法の一例について説明したが、本発明は前記方法に限定されず、前記ステップ S 4 及び前記ステップ S 5 が省略された製造方法としてもよい。

（第 2 実施形態）

次に、本発明の第 2 実施形態に係る有機 T F T について説明する。参照する図 3 は、第 2 実施形態に係る有機 T F T の構成を示す断面図である。なお、前述した第 1 実施形態に係る有機 T F T（図 1 参照）と同一の構成要素には同一の符号を付し、その説明は省略する。

図 3 に示すように、有機 T F T 2 は、基板 1 1 と、基板 1 1 上に設けられたゲート電極 1 2 と、基板 1 1 及びゲート電極 1 2 上に積層されたゲート絶縁層 1 3 と、ゲート絶縁層 1 3 上に分離して設けられたソース電極 1 5 及びドレーン電極 1 6 と、ゲート絶縁層 1 3、ソース電極 1 5 及びドレーン電極 1 6 上に積層された有機半導体からなる半導体層 1 4 とを備えている。また、ゲート電極 1 2 は、半導体層 1 4 の電界効果チャネル 1 4 a に面して配置されている。そして、半導体層 1 4 は、前記有機半導体の結晶から構成され、前記結晶の結晶相は、前記有機半導体のエネルギー的に最安定なバルク結晶の結晶相と同一である。これにより、半導体層 1 4 を構成する前記結晶の結晶相の変化を防止し、電界効果チャネル 1 4 a におけるキャリア移動度の経時劣化を抑制することが

できる。なお、第 2 実施形態に係る有機 T F T 2 は、第 1 実施形態に係る有機 T F T 1 に対し各層の配置が異なるだけなので、前述した有機 T F T 1 の製造方法と同様の方法により製造することができるため、有機 T F T 2 の製造方法については説明を省略する。

5 (第 3 実施形態)

次に、本発明の第 3 実施形態について図面を参照して説明する。参照する図 4 は、第 3 実施形態に係るアクティブマトリクス型のディスプレイ（有機 E L ディスプレイ）の一部破断斜視図である。

図 4 に示すように、アクティブマトリクス型のディスプレイ（以下、
10 単に「ディスプレイ」という）3 は、プラスチック基板 3 1 と、プラスチック基板 3 1 上にマトリクス状に複数配置された画素電極 3 2 と、画素電極 3 2 に接続され、プラスチック基板 3 1 上にアレイ状に複数配置された有機 T F T 駆動回路 3 3 と、画素電極 3 2 及び有機 T F T 駆動回路 3 3 上に順次積層された有機 E L 層 3 4、透明電極 3 5 及び保護フィルム 3 6 と、
15 各有機 T F T 駆動回路 3 3 と制御回路（図示せず）とを接続する複数本のソース電極線 3 7 及びゲート電極線 3 8 とを備えている。ここで、有機 E L 層 3 4 は、電子輸送層、発光層、正孔輸送層等の各層が積層されて構成されている。そして、ディスプレイ 3 は、各有機 T F T 駆動回路 3 3 に、画素のスイッチング素子として、前述した第 1 及び第 2 実施形態のいずれか一方に係る有機 T F T が設けられている。このように、ディスプレイ 3 は、画素のスイッチング素子として、キャリア移動度の経時劣化が抑制された本発明の有機 T F T が設けられているため、有機 T F T の長寿命化が可能となり、その結果、ディスプレイ自体の長寿命化が可能となる。

25 以上、本発明の一実施形態に係るディスプレイについて説明したが、本発明はこれに限定されない。例えば、前記実施形態では有機 E L を用

いたディスプレイについて説明したが、液晶表示素子等の他の表示素子を備えたディスプレイであってもよい。

(第4実施形態)

次に、本発明の第4実施形態について図面を参照して説明する。参照
5 する図5は、第4実施形態に係る無線識別タグの斜視図である。

図5に示すように、無線識別タグ4は、フィルム状のプラスチック基板41と、プラスチック基板41上に設けられたアンテナ部42及び集積回路部43とを備えている。そして、集積回路部43には、前述した第1及び第2実施形態のいずれか一方に係る有機TFTが設けられている。
10 る。このように、無線識別タグ4は、集積回路部43に、キャリア移動度の経時劣化が抑制された本発明の有機TFTが設けられているため、有機TFTの長寿命化が可能となり、その結果、無線識別タグ自体の長寿命化が可能となる。なお、無線識別タグ4は、表面に保護膜を更に備えていてもよい。

15 以上、本発明の一実施形態に係る無線識別タグについて説明したが、本発明はこれに限定されるものではない。例えば、アンテナ部及び集積回路部の配置や構成は任意に設定できる。また、論理回路部を更に組み込むことも可能である。

以下、本発明の実施例について説明する。なお、本発明はこの実施例
20 に限定されない。

(実施例1)

まず、前述した本発明の第1実施形態の実施例である実施例1について、図1を参照して説明する。使用した材料については、基板11として厚みが0.25mmのポリイミド、ゲート絶縁層13を構成する有機
25 絶縁材料としてポリイミド、半導体層14を構成する有機半導体材料としてペンタセン（アルドリッチ社製）、ゲート電極12、ソース電極1

5 及びドレーン電極 16 を構成する導電材料として金を用いた。

実施例 1 の作製方法は、まず、基板 11 上に、マスク蒸着により金を蒸着して、ゲート電極 12 を形成した（厚み 50 nm）。次に、基板 11 及びゲート電極 12 上に、ポリイミド前駆体（京セラケミカル製 CT 4112）をスピコートした。これを 60℃ で 15 分間乾燥し、次いで 180℃ で 1 時間加熱して硬化させ、ゲート絶縁層 13 を形成した。得られたゲート絶縁層 13 の厚さは、0.75 μ m であった。そして、基板 11 の温度を 70℃ に保持し、ゲート絶縁層 13 上にペンタセンを 0.1 nm/分の蒸着速度で蒸着して半導体層 14（厚み 70 nm）を形成した。続いて、半導体層 14 上に、マスク蒸着により金を蒸着して、ソース電極 15（厚み 50 nm）及びドレーン電極 16（厚み 50 nm）を形成し、実施例 1 の有機 TFT1 を得た。なお、ソース電極 15 とドレーン電極 16 との距離（チャネル長）は、100 μ m とし、ソース電極 15 とドレーン電極 16 とが対向する幅（チャネル幅）は、2 m
15 m とした。

（比較例 1 及び比較例 2）

比較例として、基板の温度を 27℃（比較例 1）及び 50℃（比較例 2）に保持し、ゲート絶縁層上にペンタセンを 6 nm/分の蒸着速度で蒸着して半導体層を形成したこと以外は、前述した実施例 1 と同様の方法により、比較例 1 及び比較例 2 の有機 TFT を作製した。
20

（X 線回折法による結晶相の確認）

実施例 1、比較例 1 及び比較例 2 について、半導体層を構成するペンタセン結晶の X 線回折パターンを測定した。X 線回折パターンの測定は、リガク RU200（リガク社製、型番 RU200）を使用し、CuK α 線（波長 $\lambda = 0.15418$ nm）にて行った。また、参照例として、ペンタセンのエネルギー的に最安定なバルク結晶を作製し、X 線回折
25

パターンの測定を行った。結果を図 6 に示す。図 6 において、図 6 A は、前記バルク結晶の X 線回折パターンを示し、図 6 B は、実施例 1 の半導体層を構成するペンタセン結晶の X 線回折パターンを示し、図 6 C は、比較例 1 の半導体層を構成するペンタセン結晶の X 線回折パターンを示し、図 6 D は、比較例 2 の半導体層を構成するペンタセン結晶の X 線回折パターンを示す（いずれも 27℃におけるデータ）。

なお、前記ペンタセンのバルク結晶は、以下の方法により作製した。

（前記ペンタセンのバルク結晶の製法）

ペンタセンの粉末を石英ガラス管に入れ、真空ポンプで減圧しながら石英ガラス管のペンタセンが入っている側の端部を 200℃に加熱し、他方の端部を 60℃に加熱して、析出させる石英ガラス管壁に温度勾配を持たせ、石英ガラス管壁にペンタセン結晶を 0.1mm 以上の厚みで昇華析出させた。ここで、0.1mm 以上の厚みで析出させたのは、石英ガラス管表面等の影響を受け難くなるため、比較的容易にエネルギー的に最安定な結晶を得ることができるからである。続いて、0.15℃/分で徐冷した。なお、石英ガラス管内の圧力は、 1.3×10^{-2} Pa とした。

また、前記ペンタセンのバルク結晶の結晶相の確認は、以下のとおりに行った。

（前記ペンタセンのバルク結晶の結晶相の確認方法）

温度可変型の X 線試料ホルダーに、得られたペンタセンのバルク結晶粉末を入れ、 $\theta - 2\theta$ 法により 27℃及び 180℃における粉末 X 線回折パターンを測定した。得られた X 線回折パターンのうち、実施例 1 で作製された有機 TFT の半導体層の X 線回折パターンにおいて強く見られる回折線に当たるものは、 $d = 1.43$ nm の位置の回折線であった。なお、前記バルク結晶の場合には、 $d = 0.44$ nm の位置の回折線

など、前記 $d = 1.43 \text{ nm}$ の位置よりも強い回折線が見られるが、有機 T F T の半導体層の場合には、結晶方位が基板に対して特定の方向となるように結晶が配列するので、限られた方位以外の回折線は観測されなくなる。このため、結晶相の判断には、特定方位の d の値（実施例 1
5 では、 $d = 1.43 \text{ nm}$ ）を比較するものとした。なお、測定雰囲気は、窒素中で大気圧（ $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ ）とした。

また、作製した前記バルク結晶の X 線回折パターンにおいて、 $d = 1.43 \text{ nm}$ の 27°C における回折線強度を基準とした場合に、昇温速度 $0.15^\circ\text{C}/\text{分}$ で 180°C まで雰囲気温度を上げた後の同じピーク位置
10 における回折線強度比率（昇温後の回折線強度／初期の回折線強度 $\times 100$ ）は 98% であり、 180°C から降温速度 $0.15^\circ\text{C}/\text{分}$ で 27°C まで雰囲気温度を下げた後の同じピーク位置にける回折線強度比率（降温後の回折線強度／初期の回折線強度 $\times 100$ ）は 98% であった。

図 6 B に示すように、実施例 1 の半導体層を構成するペンタセン結晶
15 は、 $d = 1.43 \text{ nm}$ の位置に最大ピーク強度値を示す回折線のピークが観測された。また、図 6 A に示すように、ペンタセンのエネルギー的に最安定なバルク結晶の X 線回折パターンにおいても、同じ $d = 1.43 \text{ nm}$ の位置に回折線のピークが観測された。更に、図 6 B に示すように、実施例 1 の半導体層を構成するペンタセン結晶の X 線回折パターンに
20 において、 $d = 1.43 \text{ nm}$ の位置に回折線が観測される結晶相以外の結晶相に由来するその他の回折線は観測されなかった。また、 $d = 1.43 \text{ nm}$ の位置に回折線が観測される結晶相に由来する回折線の合計強度値は、実施例 1 の X 線回折パターンにおける全回折線の合計強度値の 90% 以上であった。この結果から、実施例 1 の半導体層を構成するペン
25 タセン結晶の結晶相は、ペンタセンのエネルギー的に最安定なバルク結晶の結晶相と同一であることが確認された。

一方、図 6 C に示すように、比較例 1 の半導体層を構成するペンタセン結晶は、 $d = 1.55 \text{ nm}$ の位置に最大ピーク強度値を示す回折線のピークが観測され、このピーク位置の回折線は、ペンタセンのエネルギー的に最安定なバルク結晶の X 線回折パターン（図 6 A 参照）では観測されなかった。この結果から、比較例 1 の半導体層を構成するペンタセン結晶の結晶相は、ペンタセンのエネルギー的に最安定なバルク結晶の結晶相とは異なる結晶相であることが確認された。

また、図 6 D に示すように、比較例 2 の半導体層を構成するペンタセン結晶は、 $d = 1.55 \text{ nm}$ 及び $d = 1.43 \text{ nm}$ の位置にピークが観測された。この結果から、比較例 2 の半導体層を構成するペンタセン結晶は、ペンタセンのエネルギー的に最安定なバルク結晶の結晶相と、比較例 1 の半導体層を構成するペンタセン結晶の結晶相とからなることが確認された。なお、 $d = 1.43 \text{ nm}$ の位置に回折線が観測される結晶相に由来する回折線の合計強度値は、比較例 2 の X 線回折パターンにおける全回折線の合計強度値の 45% であった。

（高温加速テスト前後の結晶相の変化）

次に、実施例 1、比較例 1 及び比較例 2 について、高温加速テスト（ $60^\circ\text{C} \times 100 \text{ 時間}$ ）を行った。更に、テスト前後において X 線回折パターンを測定し、それぞれについて、テスト前の最大ピーク強度値を基準とした場合の同じピーク位置の回折線強度比率（テスト後の回折線強度 / テスト前の回折線強度 $\times 100$ 、以下同じ）を算出した。また、テスト前後において、電界効果チャネルのキャリア移動度を、アジレント 4155C（アジレント社製、型番 4155C）にて測定した。結果を表 1 に示す。

(表 1)

	回折線強度比率	キャリア移動度 (cm^2/Vs)	
		テスト前	テスト後
実施例 1	99% ($d = 1.43 \text{ nm}$)	0.4	0.06
比較例 1	60% ($d = 1.55 \text{ nm}$)	0.6	0.001以下
比較例 2	70% ($d = 1.55 \text{ nm}$)	0.001以下	0.001以下

表 1 に示すように、比較例 1 は、回折線強度比率が 60% となり、テスト後において、 $d = 1.55 \text{ nm}$ の回折線強度が低下した。また、表 1 には示していないが、前記回折線強度の低下に伴い、 $d = 1.43 \text{ nm}$ の回折線強度が増大した。この結果から、テスト前における結晶相の一部が、より安定な結晶相（エネルギー的に最安定なバルク結晶の結晶相）へと変化したことがわかる。これにより、結晶相間に多くの粒界が生じ、キャリア移動度が、 $0.6 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ から、 $0.001 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以下まで劣化した。また、比較例 2 は、テスト前の段階で複数の結晶相を有していたため、そのキャリア移動度が、テスト前後ともに $0.001 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以下となった。

一方、実施例 1 は、回折線強度比率が 99% であり、テスト前後において結晶相がほとんど変化しなかった。また、キャリア移動度は、テスト前後で $0.4 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ から $0.06 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ へと低下したが、比較例 1 に比べ、キャリア移動度の劣化の程度を抑えることができた。このように、本発明によれば、半導体層を構成する有機半導体（ペンタセン）の結晶の結晶相を、前記有機半導体のエネルギー的に最安定なバルク結晶の結晶相と同一の結晶相とすることにより、キャリア移動度の経時劣化を抑制することができることがわかった。

20 (実施例 2)

次に、前述した実施例 1 に対し、半導体層を構成する有機半導体が異

なる実施例 2 について説明する。実施例 2 の有機 T F T は、基板の温度を 60℃に保持し、ゲート絶縁層上に銅フタロシアニン（アルドリッチ社製）を 0.1 nm/分の蒸着速度で蒸着して半導体層を形成したこと以外は、前述した実施例 1 と同様の方法により作製した。

5 （比較例 3）

比較例として、基板の温度を 30℃に保持し、ゲート絶縁層上に銅フタロシアニンを 6 nm/分の蒸着速度で蒸着して半導体層を形成したこと以外は、前述した実施例 2 と同様の方法により、比較例 3 の有機 T F T を作製した。

10 （高温加速テスト前後の結晶相の変化）

次に、実施例 2 及び比較例 3 について、高温加速テスト（60℃×100時間）を行い、前述した実施例 1 と同様に、回折線強度比率及びキャリア移動度を測定した。結果を表 2 に示す。

（表 2）

	回折線強度比率	キャリア移動度 (cm ² /Vs)	
		テスト前	テスト後
実施例 2	99% (d = 1.25 nm)	0.02	0.01
比較例 3	63% (d = 1.30 nm)	0.01	0.001以下

- 15 表 2 に示すように、比較例 3 は、回折線強度比率が 63% となり、テスト後において、d = 1.30 nm の回折線強度が低下した。また、表 2 には示していないが、前記回折線強度の低下に伴い、d = 1.25 nm の回折線強度が増大した。この結果から、テスト前における結晶相の一部が、より安定な結晶相へと変化したことがわかる。これにより、結晶相間に多くの粒界が生じ、キャリア移動度が、0.01 cm²/Vs から、0.001 cm²/Vs 以下まで劣化した。一方、実施例 2 は、
20 回折線強度比率が 99% であり、テスト前後において結晶相がほとんど

変化しなかった。また、図示はしないが、テスト前の実施例 2 の X 線回折パターンにおいて、 $d = 1.25 \text{ nm}$ の位置に回折線が観測される結晶相以外の結晶相に由来するその他の回折線は観測されなかった。また、 $d = 1.25 \text{ nm}$ の位置に回折線が観測される結晶相に由来する回折線の合計強度値は、実施例 2 の X 線回折パターンにおける全回折線の合計強度値の 90% 以上であった。更に、前記 $d = 1.25 \text{ nm}$ の位置の回折線ピークは、銅フタロシアニンのエネルギー的に最安定なバルク結晶の X 線回折パターンにおいても観測された（図示せず）。即ち、実施例 2 の半導体層を構成する銅フタロシアニン結晶の結晶相は、銅フタロシアニンのエネルギー的に最安定なバルク結晶の結晶相と同一であることが確認された。また、キャリア移動度は、テスト前後で $0.02 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ から $0.01 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ へと低下したが、比較例 3 に比べ、キャリア移動度の劣化の程度を抑えることができた。このように、実施例 2 においても、実施例 1 と同様に、半導体層を構成する有機半導体（銅フタロシアニン）の結晶の結晶相を、前記有機半導体のエネルギー的に最安定なバルク結晶の結晶相と同一の結晶相とすることにより、キャリア移動度の経時劣化を抑制することができた。

なお、前記銅フタロシアニンのバルク結晶は、以下の製法により作製した。

20 （前記銅フタロシアニンのバルク結晶の製法）

銅フタロシアニンの粉末を石英ガラス管に入れ、石英ガラス管の銅フタロシアニンが入っている側の端部を 320°C に加熱し、石英ガラス管内の圧力を $2.3 \times 10^{-2} \text{ Pa}$ としたこと以外は、前述したペンタセンのバルク結晶を作製した方法と同条件で操作を行った。

25 また、作製した前記バルク結晶の X 線回折パターンにおいて、 $d = 1.25 \text{ nm}$ の 27°C における回折線強度を基準とした場合に、昇温速度

0.15℃/分で180℃まで雰囲気温度を上げた後の同じピーク位置における回折線強度比率（昇温後の回折線強度／初期の回折線強度×100）は99%であり、180℃から降温速度0.15℃/分で27℃まで雰囲気温度を下げた後の同じピーク位置における回折線強度比率（降温後の回折線強度／初期の回折線強度×100）は99%であった。

（実施例3）

次に、前述した実施例1及び実施例2に対し、半導体層を構成する有機半導体が異なる実施例3について説明する。実施例3の有機TFTHは、基板の温度を60℃に保持し、ゲート絶縁層上にセキシチオフエン（アルドリッチ社製）を0.1nm/分の蒸着速度で蒸着して半導体層を形成したこと以外は、前述した実施例1と同様の方法により作製した。

（高温加速テスト前後の結晶相の変化）

次に、実施例3について、高温加速テスト（60℃×100時間）を行い、前述した実施例1と同様に、回折線強度比率及びキャリア移動度を測定した。結果を表3に示す。

（表3）

	回折線強度比率	キャリア移動度 (cm ² /Vs)	
		テスト前	テスト後
実施例3	99% (d = 2.24 nm)	0.02	0.01

実施例3は、回折線強度比率が99%であり、テスト前後において結晶相がほとんど変化しなかった。また、図示はしないが、テスト前の実施例3のX線回折パターンにおいて、d = 2.24 nmの位置に回折線が観測される結晶相以外の結晶相に由来するその他の回折線は観測されなかった。また、d = 2.24 nmの位置に回折線が観測される結晶相に由来する回折線の合計強度値は、実施例3のX線回折パターンにおける全回折線の合計強度値の90%以上であった。更に、前記 d = 2.2

4 nmの回折線ピークは、セキシチオフエンのエネルギー的に最安定なバルク結晶のX線回折パターンにおいても観測された（図示せず）。即ち、実施例3の半導体層を構成するセキシチオフエン結晶の結晶相は、セキシチオフエンのエネルギー的に最安定なバルク結晶の結晶相と同一であることが確認された。また、キャリア移動度は、テスト前後で0.02 cm²/Vsから0.01 cm²/Vsへと低下したが、キャリア移動度の劣化の程度を抑えることができた。このように、実施例3においても、実施例1及び実施例2と同様に、半導体層を構成する有機半導体（セキシチオフエン）の結晶の結晶相を、前記有機半導体のエネルギー的に最安定なバルク結晶の結晶相と同一の結晶相とすることにより、キャリア移動度の経時劣化を抑制することができた。

なお、前記セキシチオフエンのバルク結晶は、以下の製法により作製した。

（前記セキシチオフエンのバルク結晶の製法）

15 セキシチオフエンのフレークを石英ガラス管に入れ、石英ガラス管のセキシチオフエンが入っている側の端部を240℃に加熱し、石英ガラス管内の圧力を 1.6×10^{-2} Paとしたこと以外は、前述したペンタセンのバルク結晶を作製した方法と同条件で操作を行った。

また、作製した前記バルク結晶のX線回折パターンにおいて、 $d = 2.24$ nmの27℃における回折線強度を基準とした場合に、昇温速度0.15℃/分で180℃まで雰囲気温度を上げた後の同じピーク位置における回折線強度比率（昇温後の回折線強度/初期の回折線強度×100）は99%であり、180℃から降温速度0.15℃/分で27℃まで雰囲気温度を下げた後の同じピーク位置における回折線強度比率（降温後の回折線強度/初期の回折線強度×100）は99%であった。

以上、本発明の実施例について説明したが、本発明は、前記実施例に

- 限定されない。例えば、前記実施例においては、結晶相の確認方法としてX線回折法を用いたが、吸光分析法等の他の分析手段により確認してもよい。また、前記実施例では、ゲート電極を基板上に設ける、所謂ボトムゲート構造の有機TFTを例に挙げて説明したが、基板上に、ソース電極及びドレーン電極を設け、更に、その上に、半導体層、ゲート絶縁層及びゲート電極を順次設ける、所謂トップゲート構造の有機TFTでも、同様に実施可能である。

産業上の利用可能性

- 10 以上説明したように、本発明は、有機TFTのキャリア移動度の経時劣化を抑制できるので、長寿命化が要求される電子機器に好適に利用できる。

請 求 の 範 囲

1. 基板と、前記基板上に設けられた有機半導体からなる半導体層とを有する有機薄膜トランジスタであって、
 - 5 前記半導体層は、前記有機半導体の結晶から構成され、
前記結晶の結晶相は、前記有機半導体のエネルギー的に最安定なバルク結晶の結晶相と同一であることを特徴とする有機薄膜トランジスタ。
2. 前記半導体層を構成する前記結晶のX線回折パターンにおける最大ピーク強度値を示す回折線のピーク位置は、前記有機半導体のエネルギー的に最安定なバルク結晶のX線回折パターンにおけるいずれか1つの回折線のピーク位置と一致する請求項1に記載の有機薄膜トランジスタ。
 - 10
3. 前記半導体層を構成する前記結晶のX線回折パターンにおいて、前記最大ピーク強度値を示す結晶相に由来する回折線の合計強度値は、全回折線の合計強度値の90～100%である請求項2に記載の有機薄膜トランジスタ。
 - 15
4. 前記有機半導体は、アセン系材料、フタロシアニン系材料及びチオフェン系材料のうち少なくとも1つの材料を含む請求項1に記載の有機薄膜トランジスタ。
 - 20
5. 前記有機半導体は、ペンタセンであり、
 - 25 前記半導体層を構成する前記結晶のX線回折パターンにおいて、前記結晶の結晶面の面間隔をdとした場合に、 $d = 1.43 \text{ nm}$ の位置に最

大ピーク強度値を示す回折線のピークを有する請求項 2 に記載の有機薄膜トランジスタ。

6. 前記有機半導体は、銅フタロシアニンであり、

5 前記半導体層を構成する前記結晶の X 線回折パターンにおいて、前記結晶の結晶面の面間隔を d とした場合に、 $d = 1.25 \text{ nm}$ の位置に最大ピーク強度値を示す回折線のピークを有する請求項 2 に記載の有機薄膜トランジスタ。

10 7. 前記有機半導体は、セキシチオフェンであり、

前記半導体層を構成する前記結晶の X 線回折パターンにおいて、前記結晶の結晶面の面間隔を d とした場合に、 $d = 2.24 \text{ nm}$ の位置に最大ピーク強度値を示す回折線のピークを有する請求項 2 に記載の有機薄膜トランジスタ。

15

8. 前記基板は、プラスチック板である請求項 1 に記載の有機薄膜トランジスタ。

9. 前記プラスチック板は、ポリイミド、芳香族ポリエステル、ポリ
20 アセタール、ポリ尿素及びポリフェニルスルホンのうちいずれか 1 つの材料からなる請求項 8 に記載の有機薄膜トランジスタ。

10. 前記基板は、プラスチックフィルムである請求項 1 に記載の有機薄膜トランジスタ。

25

11. 前記プラスチックフィルムは、ポリイミド、芳香族ポリエステル

ル、ポリアセタール、ポリ尿素及びポリフェニルスルホンのうちいずれか 1 つの材料からなる請求項 10 に記載の有機薄膜トランジスタ。

12. 前記有機薄膜トランジスタは、前記半導体層に対して電荷の授受を行う電極を更に備え、

前記電極は、金属及び導電性高分子のうち少なくともいずれか一方で形成されている請求項 1 に記載の有機薄膜トランジスタ。

13. 前記電極は、金、銅、ニッケル、アルミニウム、チタン、モリブデン、ポリピロール、ポリチオフェン、ポリアニリン及びポリフェニレンビニレンのうち少なくともいずれか 1 つの材料で形成されている請求項 12 に記載の有機薄膜トランジスタ。

14. 基板上に有機半導体を蒸着して半導体層を形成する有機薄膜トランジスタの製造方法であって、

前記有機半導体を蒸着する際、前記基板の温度を 40 ～ 150℃ の範囲に保持し、0.1 ～ 1 nm/分の蒸着速度で蒸着することを特徴とする有機薄膜トランジスタの製造方法。

15. 前記有機半導体を蒸着して前記半導体層を形成した後、前記半導体層を徐冷する請求項 14 に記載の有機薄膜トランジスタの製造方法。

16. 前記半導体層を徐冷する際、前記半導体層の周囲の雰囲気温度を 1℃/分以下の速度で降温させる請求項 15 に記載の有機薄膜トランジスタの製造方法。

17. 前記有機半導体を蒸着して前記半導体層を形成した後、前記基板の温度を50～150℃の範囲に保持し、前記半導体層を熱処理する請求項14に記載の有機薄膜トランジスタの製造方法。

5

18. 前記有機半導体を蒸着して前記半導体層を形成した後、前記基板の温度を45℃以下に保持し、前記半導体層上に電極材料を蒸着して電極を形成する請求項14に記載の有機薄膜トランジスタの製造方法。

10 19. 画素のスイッチング素子として、請求項1に記載の有機薄膜トランジスタが複数個配置されているアクティブマトリクス型のディスプレイ。

20. 集積回路部を備えた無線識別タグであって、

15 前記集積回路部には、請求項1に記載の有機薄膜トランジスタが設けられていることを特徴とする無線識別タグ。

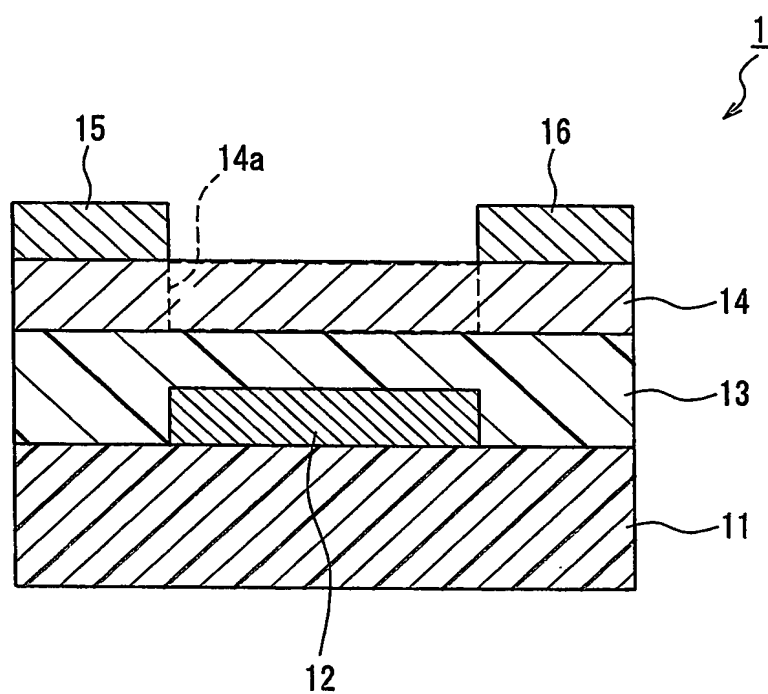


FIG. 1

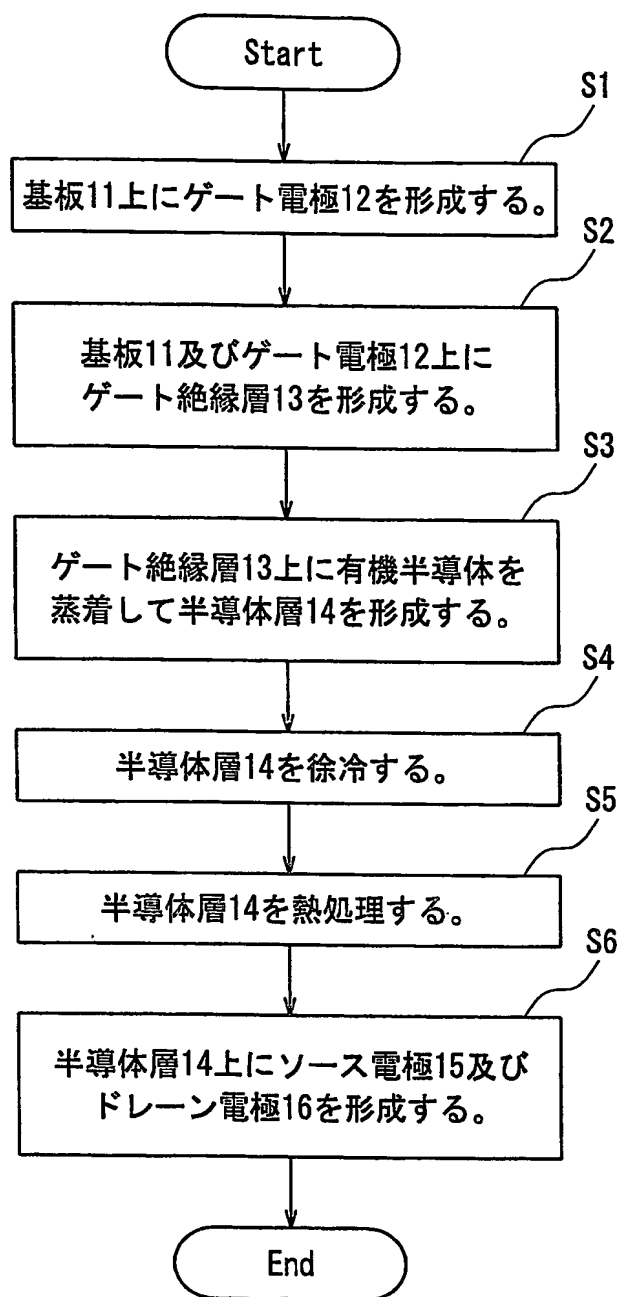


FIG. 2

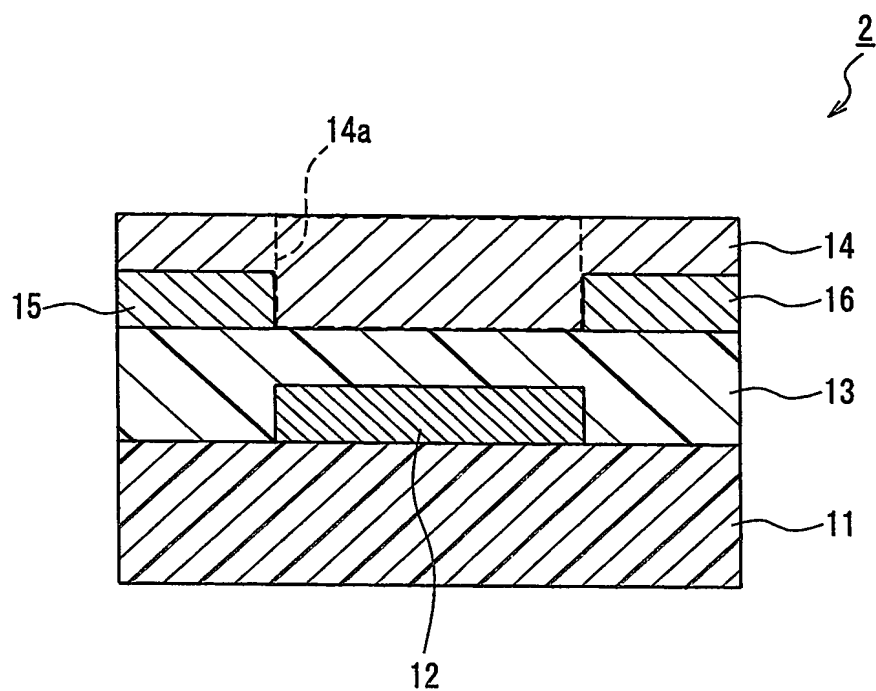


FIG. 3

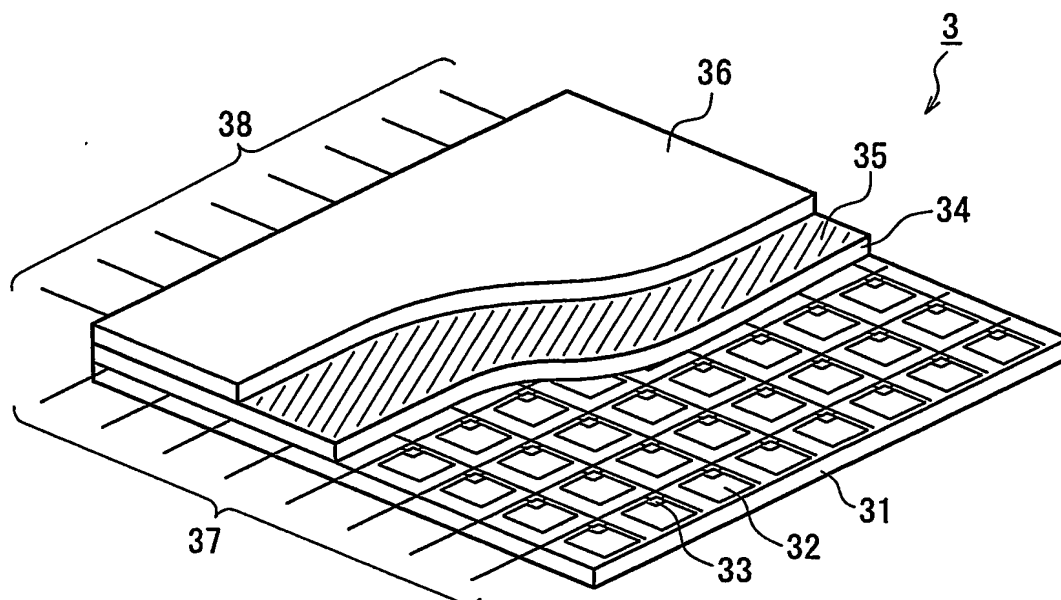


FIG. 4

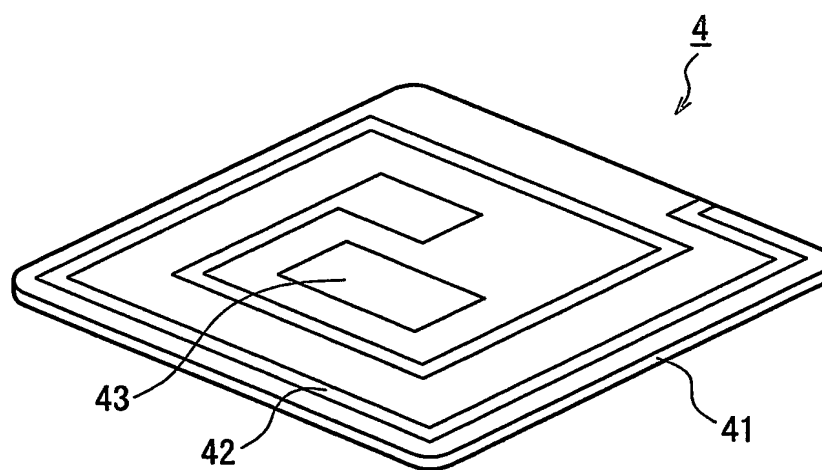


FIG. 5

FIG. 6A

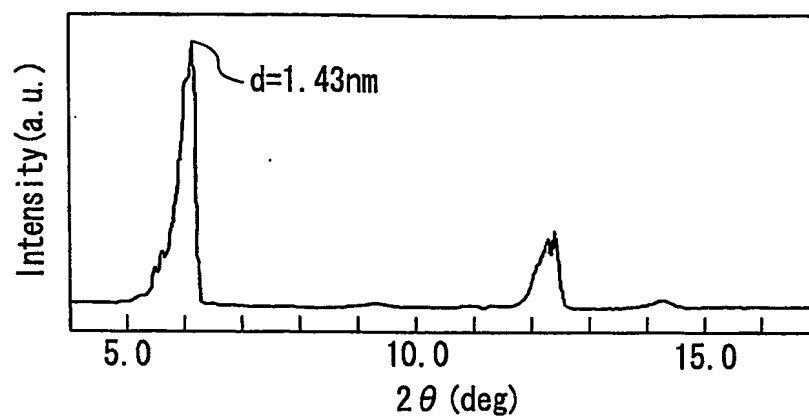


FIG. 6B

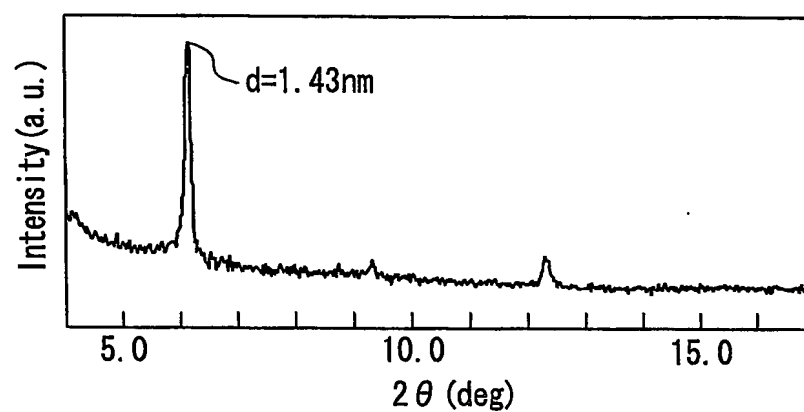


FIG. 6C

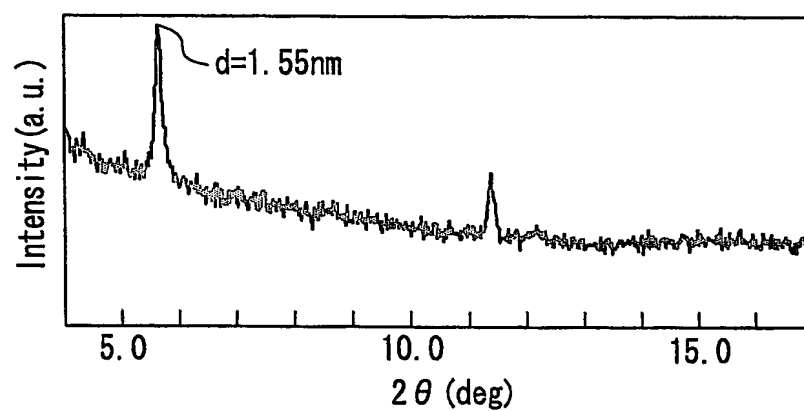
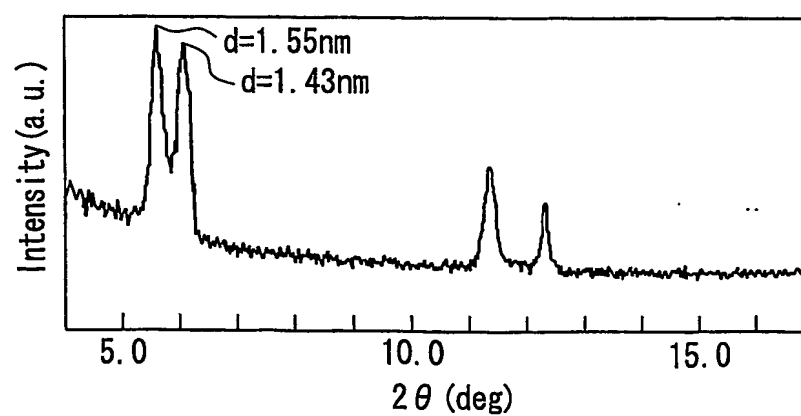


FIG. 6D



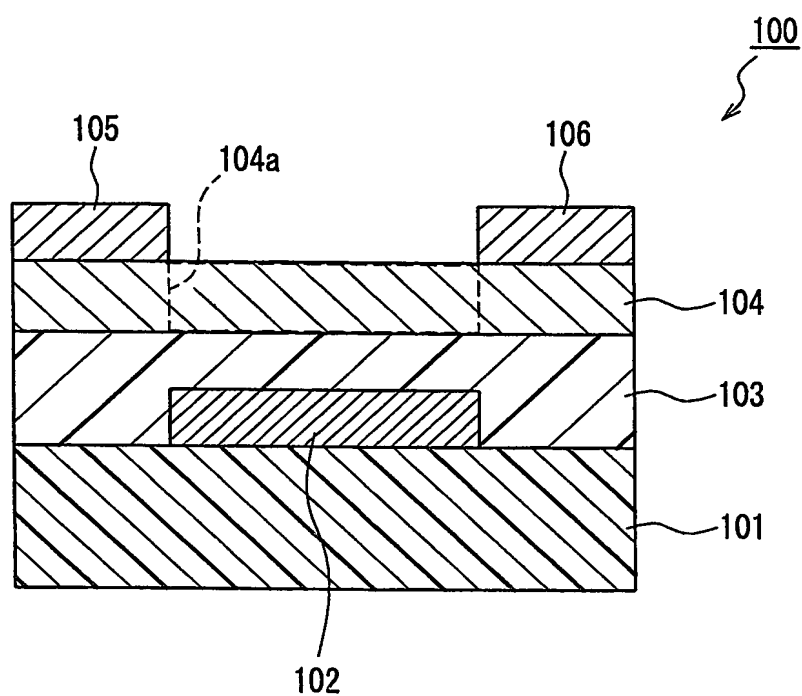


FIG. 7

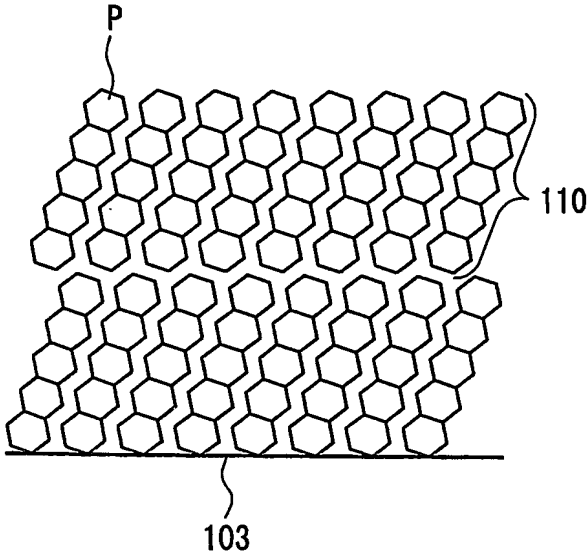


FIG. 8A

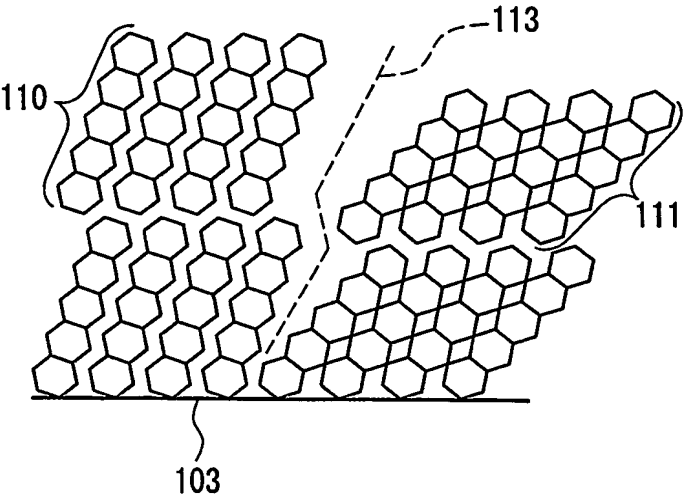


FIG. 8B

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/010066

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ H01L29/786, H01L21/336, H01L51/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ H01L29/786, H01L21/336, H01L51/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

Web of Science

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	KOUJI. H et al., Organic Molecular Beam Deposition of α -Sexithienyl, JJAP, Vol.33, Part 2, No.7B, 15 July, 1994 (15.07.94), pages L1031 to L1034	1-15, 17-20 16
Y A	WO 2002/065557 A1 (SIEMENS AG.), 22 August, 2002 (22.08.02), Full text; Figs. 1 to 3 & JP 2004-518305 A	1-15, 17-20 16
Y	JP 6-140622 A (Research Development Corp. of Japan), 20 May, 1994 (20.05.94), Full text (Family: none)	6, 14

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
18 August, 2004 (18.08.04)

Date of mailing of the international search report
07 September, 2004 (07.09.04)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/010066

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 8-228034 A (AT & T Corp.), 03 September, 1996 (03.09.96), Full text; Figs. 1 to 18 & US 5596208 A & EP 716459 A2	17
Y	JP 2001-94107 A (Hitachi, Ltd.), 06 April, 2001 (06.04.01), Full text; Figs. 1 to 6 (Family: none)	18
Y	JP 9-199732 A (Lucent Technologies Inc.), 31 July, 1997 (31.07.97), Full text; Figs. 1 to 9 & US 5625199 A & EP 785578 A2	19-20

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int. Cl ⁷ H01L 29/786, H01L 21/336, H01L 51/00		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int. Cl ⁷ H01L 29/786, H01L 21/336, H01L 51/00		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2004年 日本国登録実用新案公報 1994-2004年 日本国実用新案登録公報 1996-2004年		
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語) Web of Science		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y A	KOUJI. H et al., Organic Molecular Beam Deposition of α -Sexit hienyl, JJAP Vol.33 Part 2 No.7B, 1994.07.15, pp.L1031-L1034	1-15, 17-20 16
Y A	WO 2002/065557 A1 (SIEMENS AKTIENGESELLSCHA FT) 2002.08.22, 全文, 第1-3図 & J P 2004-518305 A	1-15, 17-20 16
Y	J P 6-140622 A (新技術事業団) 1994.05.20, 全文 (ファミリーなし)	6, 14
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列举されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 48%;"> <p>* 引用文献のカテゴリー</p> <p>「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの</p> <p>「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの</p> <p>「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)</p> <p>「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</p> <p>「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願</p> </div> <div style="width: 48%;"> <p>の日の後に公表された文献</p> <p>「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</p> <p>「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの</p> <p>「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの</p> <p>「&」 同一パテントファミリー文献</p> </div> </div>		
国際調査を完了した日 <div style="text-align: right;">18.08.2004</div>	国際調査報告の発送日 <div style="text-align: right; font-size: 1.2em;">07.9.2004</div>	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 宮崎 園子	4M 3123
電話番号 03-3581-1101 内線 3462		

C (続き) 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 8-228034 A (エイ・ティ・アンド・ティ・コーポレーション) 1996.09.03, 全文, 第1-18図 &US 5596208 A &EP 716459 A2	17
Y	JP 2001-94107 A (株式会社日立製作所) 2001.04.06, 全文, 第1-6図 (ファミリーなし)	18
Y	JP 9-199732 A (ルーセント テクノロジーズ インコーポレイテッド) 1997.07.31, 全文, 第1-9図 &US 5625199 A &EP 785578 A2	19-20